

PAT-NO: JP02003117668A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2003117668 A  
TITLE: FRICTION STIRRING AND WELDING DEVICE  
PUBN-DATE: April 23, 2003

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KASHIKI, HAJIME	N/A
NAGAO, YASUE	N/A
INUZUKA, MASAYUKI	N/A
HEIKO, TAKEHIRO	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KAWASAKI HEAVY IND LTD	N/A

APPL-NO: JP2002296558

APPL-DATE: July 30, 2001

INT-CL (IPC): B23K020/12

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a friction stirring and joining device which can perform the friction stirring and spot welding free from any practical problem with a simple control.

SOLUTION: A spot welding gun 20 rotates a rotor 22 by a motor 25 for rotation, and drives the rotor straight by a motor 24 for straight motion. The motor 25 for rotation is controlled by a rotation control unit 12, and the motor 24 for straight motion is controlled by a straight motion control unit 11. The spot welding is performed by pressing a tip of the rotor against a work while rotating the rotor 22. The rotation of the rotor 22 is

changed in  
the rotational speed in three stages, i.e., at a high speed in the  
initial  
rotation range, a low speed in the middle range, and a high speed in  
the final  
range by the rotation control unit 12. When the rotor 22 is moved  
straight,  
the speed of the straight motion of the rotor 22 is controlled by the  
triangular wave-shaped speed command value having an inclined portion  
increasing as the elapse of time, the rotor 22 is prevented from  
being rapidly  
collided with the work and oscillated, and the friction stirring and  
welding is  
correctly performed.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-117668

(P2003-117668A)

(43) 公開日 平成15年4月23日 (2003.4.23)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

B 2 3 K 20/12

識別記号

3 4 0

F I

B 2 3 K 20/12

テーマコード(参考)

3 4 0 4 E 0 6 7

審査請求 未請求 請求項の数7 OL (全8頁)

(21) 出願番号 特願2002-296558(P2002-296558)  
(62) 分割の表示 特願2001-230336(P2001-230336)の  
分割  
(22) 出願日 平成13年7月30日(2001.7.30)

(71) 出願人 000000974  
川崎重工業株式会社  
兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1  
号  
(72) 発明者 榎木 一  
兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業  
株式会社明石工場内  
(72) 発明者 長尾 保栄  
兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業  
株式会社明石工場内  
(74) 代理人 100075557  
弁理士 西教 圭一郎 (外2名)

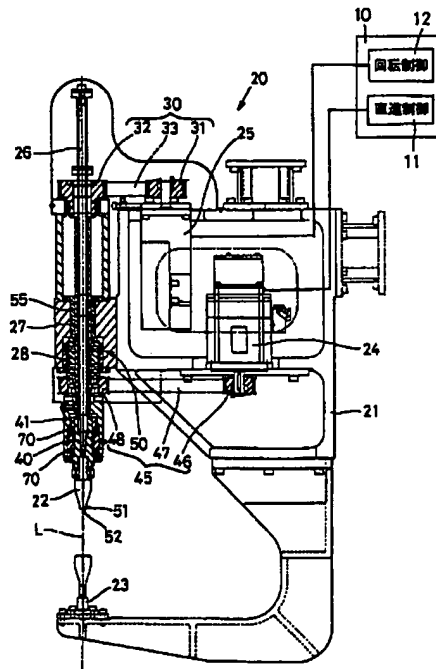
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 摩擦攪拌接合装置

(57) 【要約】

【課題】 簡単な制御で、実用的に問題のない摩擦攪拌スポット接合を行うことができる摩擦攪拌接合装置を提供する。

【解決手段】 スポット接合ガン20は、回転用モータ25で回転子22を回転駆動し、直進用モータ24で回転子を直進駆動する。回転用モータ25は、回転制御部12によって制御され、直進用モータ24は、直進制御部11によって制御される。回転子22を回転させながら、回転子先端をワークに押圧することで、スポット接合が行われる。このとき、回転制御部12によって回転子22の回転の初期部では高速回転とし、中間部では低速とし、終了部では高速となるように、3段階に回転速度を変化させる。回転子22の直進移動時、回転子22の直進の速度を、時間経過に伴って上昇する傾斜部分を有する三角波形状の速度指令値で制御し、回転子22が被接合物に急激に衝突して被接合物が振動することを防ぎ、摩擦攪拌接合を正確に行う。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 高速回転する回転子を回転軸線方向に直進移動させ、先端部を被接合物に押圧し、回転により前記先端部と前記被接合物との接触部との摩擦熱で軟化させ、攪拌して被接合物をスポット接合する摩擦攪拌接合装置において、摩擦攪拌の接合作業中、時間経過に伴って、回転子の回転速度を変化して制御する回転制御手段と、回転子を直進移動させて、摩擦攪拌の接合作業中、加圧力を制御する直進制御手段とを備えることを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

【請求項2】 回転制御手段は、摩擦攪拌の接合作業中、時間経過に伴って、回転速度を、低下するように変化することを特徴とする請求項1記載の摩擦攪拌接合装置。

【請求項3】 回転制御手段は、摩擦攪拌の接合作業中、時間経過に伴って、回転速度を、増加するように変化することを特徴とする請求項1記載の摩擦攪拌接合装置。

【請求項4】 回転制御手段は、摩擦攪拌の接合作業中、時間経過に伴って、回転速度を、高速、低速、高速の順で変化することを特徴とする請求項1記載の摩擦攪拌接合装置。

【請求項5】 回転制御手段は、回転速度を、段階的に、または連続的に、変化することを特徴とする請求項1～4のうちの1つに記載の摩擦攪拌接合装置。

【請求項6】 直進制御手段は、摩擦攪拌接合作業の初期に、時間経過に伴って回転子の速度を上昇する傾斜部分を有する形状の速度指令値を導出することを特徴とする請求項1～5のうちの1つに記載の摩擦攪拌接合装置。

【請求項7】 速度指令値の前記形状は、三角波形状であることを特徴とする請求項6記載の摩擦攪拌接合装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、回転による摩擦熱で被接合物を軟化、攪拌して接合する摩擦攪拌接合装置に関する。

【0002】

【従来の技術】自動車のアルミボディの接合法には、アルミ用スポット溶接、リベット接合などがあるが、ロボット機上の配管、ユーティリティが複雑であり、また大騒音、火花の発生など作業環境が悪いといった問題を有する。このような問題に鑑み、摩擦攪拌接合を用いたスポット接合装置が提案されている。

【0003】摩擦攪拌接合では、先端にピンを有する回転子を高速で回転させながら被接合物であるワークに押圧し、摩擦攪拌してスポット接合を行う。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】摩擦攪拌接合を用いたスポット接合装置は、抵抗溶接である既存のスポット溶接ガンに適用することができるが、スポット溶接では、電極を回転させることはなかったため、スポット溶接の制御方法を、単に摩擦攪拌接合を用いたスポット接合装置に適用することはできない。

【0005】また、従来のスポット溶接ガンは、加圧力はサーボ制御を行っている。つまり、接合作業中にリアルタイムで加圧力を検出し、力に対応したモータ電流となるようにフィードバック制御している。このような制御は、現行のスポット溶接の制御としては、接合品質上とくに問題はない。

【0006】一方、摩擦攪拌接合では、摩擦攪拌という摩擦熱にかかわる現象ゆえの特異な挙動特性もあり、その定義解明は関係者により緒についたばかりであり、摩擦攪拌接合の制御方法についてはまだ提案されていない。

【0007】そこで、摩擦攪拌接合の制御に、既存のスポット溶接のサーボ制御を適用する方法が考えられる。つまり、接合作業中に、回転速度をリアルタイムで監視し、つねに最適な回転速度となるようにフィードバック制御する。さらに加圧力もリアルタイムで監視し、つねに最適な加圧力となるようにフィードバック制御するといった方法が考えられる。しかしながら、このように回転速度と加圧力制御をサーボ制御することは、非常に複雑であり、実現が困難である。

【0008】本発明の目的は、簡単な制御で、実用的に問題のない摩擦攪拌スポット接合を行うことができる摩擦攪拌接合装置を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、高速回転する回転子を回転軸線方向に直進移動させ、先端部を被接合物に押圧し、回転により前記先端部と前記被接合物との接触部との摩擦熱で軟化させ、攪拌して被接合物をスポット接合する摩擦攪拌接合装置において、摩擦攪拌の接合作業中、時間経過に伴って、回転子の回転速度を変化して制御する回転制御手段と、回転子を直進移動させて、摩擦攪拌の接合作業中、加圧力を制御する直進制御手段とを備えることを特徴とする摩擦攪拌接合装置である。

【0010】本発明に従えば、回転制御手段を有するので、回転子の回転速度を可変に制御することができる。これによって、最適な回転速度でスポット接合を行うことができる。また、直進制御手段によって、加圧力のきめ細かな制御を行うことができ、スポット接合に最適な加圧力で接合することができる。

【0011】また本発明は、回転制御手段は、摩擦攪拌の接合作業中、時間経過に伴って、回転速度を、低下するように変化することを特徴とする。

【0012】また本発明は、回転制御手段は、摩擦攪拌

の接合作業中、時間経過に伴って、回転速度を、増加するように変化することを特徴とする。

【0013】また本発明は、回転制御手段は、摩擦攪拌の接合作業中、時間経過に伴って、回転速度を、高速、低速、高速の順で変化することを特徴とする。

【0014】また本発明は、回転制御手段は、回転速度を、段階的に、または連続的に、変化することを特徴とする。

【0015】本発明に従えば、摩擦攪拌の接合作業中、回転制御手段によって回転子22の回転速度を時間経過に伴って低下または増加するように変化し、あるいはまた高速、低速、高速の順で変化し、このような速度変化を、段階的に、または連続的に行うようにし、これによって被接合物であるワークの摩擦攪拌の接合を最適な条件で行うことができ、接合強度の向上を図ることができる。

【0016】また本発明は、直進制御手段は、摩擦攪拌接合作業の初期に、時間経過に伴って回転子22の速度を上昇する傾斜部分を有する形状の速度指令値を導出することを特徴とする。

【0017】また本発明は、速度指令値の前記形状は、三角波形状であることを特徴とする。

【0018】本発明に従えば、直進制御手段から直進駆動源である直進用モータ24に与えられる速度指令値がたとえば三角波形状であるので、回転子22の先端が被接合物であるワークに急激に衝突してワークが振動することを防止し、正確な摩擦攪拌の接合を達成することができる。

【0019】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の摩擦攪拌接合装置の実施の一形態であるスポット接合ガン20の構造を示す図である。スポット接合ガン20は、たとえば6軸垂直多関節型ロボットの手首に装備され、自動車のアルミボディなど、アルミニウム合金製のワークを摩擦攪拌方式でスポット接合する場合に用いられる。

【0020】スポット接合ガン20は、回転子22、ロボットの手首に取り付けられ、回転子22を支持する支持部材として機能するガンアーム21、回転子22を回転駆動させる回転用モータ25、直進移動させる直進用モータ24、回転用モータ25の回転力を回転子22に伝達する回転伝達手段30、ボールねじ50を有し、直進用モータ24の直進力を回転子22に伝達する直進伝達手段45および制御装置10を備える。

【0021】ロボットの各関節軸は、第1軸〜第6軸の6個のサーボモータで駆動され、第7軸が、スポット接合ガン20の直進用モータ24であり、第8軸が回転用モータ25となる（第8軸を旋回軸と称する場合もある）。これらのサーボモータが制御装置10によって制御される。つまり、直進用モータ24は、制御装置10の直進制御部11によって制御され、回転用モータ25

は、制御装置10の回転制御部12によって制御され、ロボットの第1軸〜第6軸の各モータは、図示しないが、制御装置10のそれぞれ対応する制御部によって制御される。

【0022】回転子22は、円錐台状であり、先端部を下方にし、中心軸線を回転軸線Lとして回転可能にガンアーム21に取り付けられる。また、回転子22の先端部には円柱状のショルダー部51が形成され、このショルダー部51の下端面には、回転軸線Lを軸心とする円柱状のピン52が下方に突出する。また、回転子22は、回転軸線Lに沿って昇降することができる。

【0023】ガンアーム21は、上部にサーボモータによって実現される回転用モータ25および直進用モータ24が固定され、下部が、L字状に屈曲し、先端部に受け部23が固定される。受け部23は、円柱状であり、回転軸線Lを軸心とし、上端面が回転子22先端に臨んで配置される。

【0024】回転子22は、ヘッド40に着脱可能に保持され、このヘッド40は、軸受け70を介してヘッド支持部41に回転軸線Lまわりに回転自在に支持される。回転子22、したがってヘッド40には、回転軸線Lに沿って上方に延びる回転軸26が固定される。また、前記ヘッド支持部41には、回転軸線Lに沿って上方に延び、前記回転軸26が挿通する外筒が固定される。この外筒は、ボールねじ50のおねじを有するねじ軸27として機能する。したがって、回転用モータ25で回転軸26を回転駆動させながら、直進用モータ24でねじ軸27を昇降させることによって、回転子22を回転させながら直進移動させることができる。

【0025】つぎに、回転用モータ25の回転を回転軸26に伝達する回転伝達手段30の構成について説明する。回転伝達手段30は、回転子22が連結される回転軸26の回転軸線L方向への移動を許容し、かつ回転用モータ25の回転を回転子22に伝達する機構を有し、回転用モータ25の出力軸に固定されるベルト車31と、回転軸26に連結されるベルト車32と、ベルト車31、33に巻き掛けられる環状のタイミングベルト33とを有する。ベルト車32と回転軸26とは、たとえばスプライン結合され、ベルト車32と回転軸26とは、回転軸線Lまわりの回転が拘束され、かつ回転軸線L方向の移動が許容される。したがって、回転用モータ25を回転させることによって、回転子22を、回転軸線L方向に移動可能に回転駆動させることができる。

【0026】つぎに、直進伝達手段45の構成について説明する。直進伝達手段45は、ねじ軸27とナット部材28とから成るボールねじ50、直進用モータ24の出力軸に固定されるベルト車46、ナット部材28に固定されるベルト車48、およびベルト車46、48に巻き掛けられる環状のタイミングベルト47を有する。ボールねじ50のねじ軸27は、前述したように中空であ

り、内部に回転軸26が遊通する。このねじ軸27は、リテーナ55によってガンアーム21に支持される。リテーナ55は、複数のボールを有し、ねじ軸27を回転軸線L方向に変位自在に、かつ回転軸線Lまわりの回転を拘束してねじ軸27を保持する。このリテーナ55の下にナット部材28が設けられる。ねじ軸27の外周部にはねじ溝が形成され、このねじ溝にナット部材28が螺合する。

【0027】ナット部材28は、軸受けを介してガンアーム21に、回転軸線L方向にガンアーム21と相対的な移動が阻止された状態で、回転軸線Lまわりに回転自在に支持される。このナット部材28の下部に、ベルト車48が固定され、ベルト車48とナット部材28とは一体となって回転する。したがって、直進用モータ24を回転させると、タイミングベルト48を介してナット部材28が回転する。ナット部材28が回転すると、ねじ軸27が回転軸線L方向に昇降する。ねじ軸27の下端部にはヘッド支持部41が固定されており、このヘッド支持部41に、回転子22を保持するヘッド40が回転自在に連結されている。

【0028】このような回転伝達手段30および直進伝達手段45を用いることで、回転用モータ25によって回転子22を回転軸線Lまわりに高速で回転させながら、回転子22を、回転軸線Lに沿って直進用モータによって昇降させ、スポット接合ガン20の開閉動作を行うことができる。

【0029】つぎに、図2および図3のフローチャートおよび図4のタイミングチャートを参照して、制御装置10によるスポット接合時の制御方法について説明する。図4(1)は、加圧力を示し、(2)は、直進用モータ(第7軸)24への速度指令値であり、(3)は、直進用モータ24への移動変位指令値である。なお、速度指令値(2)の微分値が、移動変位指令値(3)となり、逆に、移動変位指令値(3)の積分値が速度指令値(2)となる。(4)は、回転用モータ(第8軸)25への回転速度指令値である。

【0030】スポット接合作業は、たとえば厚さ2mm程度の2枚のワークをスポット接合するものとする。ワークはここではアルミニウム合金とし、ほぼ水平に2枚が重畳配置されているものとし、接合箇所は、1ワークあたり複数あるものとする。

【0031】スポット接合制御が開始されると、まずステップS1で、スポット接合ガン20を位置P1に位置決めする。位置P1とは、ワークの接合箇所を接合打点P2とした場合、接合打点P2から所定距離上方に離反した位置(たとえば50mm上方)に、回転子22のピン52先端が配置され、接合打点P2の下で、ワークから所定距離下方に離反した位置に、スポット接合ガン20の受け部23が配置される位置である。

【0032】つぎに、ステップS2において、接合ガン

20の閉じ動作を開始する。つまり、時刻 $t_1$ において、図4(2)(3)に示すように、直進用モータ24に速度指令値および移動変位指令値を出力する。直進用モータ24への速度指令値が、三角波形状であるのは、回転子先端がワークに急激に衝突してワークが振動することを防止するためである。

【0033】また、スポット接合ガン20は、回転子22のみが直進移動して閉じ、受け部23は固定されているため、ワークを上下方向に挟むためには、回転子22を下降させるとともに、ロボットでガン20を上昇させる必要がある。そのために、ステップS2の閉じ動作では、直進用モータ24で回転子22を下降させるとともに、ロボット6軸を用いて、ガン20が、回転子22の回転軸線L方向に沿って上昇するように移動させる。このようにして、回転子先端がワークの上に当接する時点と、受け部23がワークの下に当接する時点とが一致するように、ロボット6軸を制御する。

【0034】つぎにステップS3で、回転子22の回転を開始する(時刻 $t_2$ )。つぎのステップS4で接合打点P2に到達(時刻 $t_3$ )、つまり回転子22のピン52先端がワークに当接すると、ステップS5で加圧が開始される。その後、ステップS6で、回転制御部12で、回転用モータ25が所定の回転速度範囲内にあるかを判断する。

【0035】本実施形態では、この判断は、接合作業の加圧中に一回行うものとし、加圧中にいずれかのタイミングで回転制御部12で回転速度の瞬時値を検出する。本実施形態では、図4(1)に示すように、一回の加圧時間を $t_L$ とすると、その中央の時点、つまり加圧開始時刻 $t_3$ から $t_L/2$ 経過したときに、回転速度の瞬時値を検出する。回転速度は、たとえば回転速度が3000rpmに指定されており、所定の回転速度範囲とは、たとえば指定された回転速度の $\pm 10\%$ 内、好ましくは $\pm 5\%$ 内とする。または、%でなく、 $\pm X$ rpm以内と、回転速度で範囲を設定してもよい。

【0036】そして、回転速度が所定範囲内でない場合は、回転速度異常として、ステップS7で回転用モータ(第8軸)異常と判断し、ロボット異常信号を出力し、ステップS8で、第1軸～第8軸の全てのモータを停止させてロボットを停止させる。

【0037】ステップS6で所定の回転速度範囲内にあると判断した場合には、ステップS9に進み、直進制御部11で加圧力の瞬時値を検出し、所定の加圧力範囲内にあるかを判断する。たとえば加圧力が2.94kN(300kg)に指定されている場合、所定の加圧力範囲は、 $\pm 5\%$ 内、好ましくは $\pm 1\%$ 内とする。または、%でなく、YkN以内と、加圧力で範囲を設定してもよい。加圧力の瞬時値の検出は、直進用モータ(第7軸)24の電流値を直進制御部11で検出し、実勢モータ負荷電流を瞬時に登録データと照合することで行う。

このようにして、所定の加圧力範囲にないと判断した場合には、加圧軸（第7軸）加圧力異常として、ステップS10でロボット異常信号を出力し、ステップS8で第1軸～第8軸の全てのモータを停止させる。

【0038】ステップS9で、所定の加圧力範囲内にあると判断した場合には、ステップS11に進む。ステップS11では、回転制御部12で、図4（4）に示すように、回転速度を変化させる。摩擦攪拌接合では、接合開始時から接合終了時まで一定の回転速度で攪拌するよりも、接合初期には高速回転し、終了時には低速で回転させるほうが、接合品質を良好とすることができる。本実施形態では、図4（4）に示すように、回転速度を3段階に切り替え、加圧開始時刻t3から時刻t4までの初期部では、高速回転とし、時刻t4から時刻t5までの中間部には中速とし、時刻t5からの終了部では低速に切り替える。これらは基準回転速度、ここでは3000rpmに対し、別途パラメータで設定する。

【0039】回転子22のピン52の先端が、ワークに押圧された状態で高速で回転すると、ピン52とワークとで摩擦熱が発生し、接合打点が軟化してピン52がワークに挿入される。ピン52が挿入されると、回転子22のショルダー部51もワーク表面に押し付けられ、ここでも摩擦熱が発生し、ワークが軟化、攪拌される。このようにして、初期部において、高速で攪拌したのち、中間部で回転速度を落とし、中速でさらに攪拌し、終了部では、さらに速度を落として低速で攪拌する。

【0040】このようにして、一定の押圧力を加えた状態で、回転速度を低速まで切り替えた後、ステップS12に進む。ステップS12では、たとえば加圧開始時から所定時間を内部タイマによって計時し、所定時間、たとえば0.5～1秒計時すると加工完了として、次のステップS13で開動作を開始する。このときの時刻が時刻t6である。

【0041】開動作は、図4（2）（3）に示すように、回転子22が上昇するように、直進制御部11から直進用モータ24に対して、速度指令値および移動変位指令値を出力する。またこのとき、回転子先端と受け部23とが同時にワークから離反するように、ロボット6軸に対しても指令する。

【0042】つぎのステップS14では、溶着が発生したか否かを判断する。溶着発生判断は、本実施形態では、直進制御部11および回転制御部12で行い、たとえば直進制御部11で検出した直進用モータ（第7軸）24の電流値が、規定値（たとえば定格トルクのX%相当）より大きい場合、または、回転制御部12で検出した回転用モータ（第8軸）25のモータ電流値が、規定値（たとえば定格トルクのX%相当）より大きい場合に、ロボット異常と判断してステップS15に進み、たとえば「溶着を検知しました」または「衝突または異常外乱を検知しました」といった表示とともに警報を発し

て第1軸～第8軸を全て停止させてロボット停止する。なお、この溶着検知は、直進用モータ24の電流値のみの判断であってもよく、回転用モータ25の電流値のみの判断であってもよく、両モータ24、25の電流値から総合して判断してもよい。

【0043】そして、ワークと回転子との離し作業を行う。離し作業は、たとえば回転子を回転させながら引き上げる。回転子の回転方向は、攪拌接合時の回転方向と同じであっても逆転させてもよい。

10 【0044】回転子先端のピン52にはねじが切られている場合がある。たとえば右ねじが切られている場合、接合時に攪拌効率を向上させるために、左回りに回転させて回転させる。つまり、ねじの回転によって、周囲の母材が下に移動するように回転させる。したがって、このような場合には、離し作業のときには、回転子の回転方向を逆転させず、接合時と同じ方向とする。これによって、周囲の母材が下に移動して回転子を引き離す方向に力が作用する。ピン52にねじが切られていない場合には、接合時と逆転させて引き離すほうが好ましい。

20 【0045】ステップS14で溶着が発生していないと判断されると、つぎのステップS16で開動作を継続し、回転子22のピン52先端が、ワークから所定のクリアランス距離分、離反するまで開動作を継続する。

【0046】そして、次のステップS17で、ワークの全ての接合個所の接合が終了したか否かを判断し、終了していなければ、ステップS18に進んで1打点分、作業完了とし、次の接合打点を設定してステップS1に戻り、つぎの打点の接合作業を開始する。

30 【0047】ステップS17でワークの全ての接合打点の作業が完了していると判断した場合には、ステップS19で、回転制御部12から回転用モータ25へ速度指令値0を出力して回転を停止させる。つぎのステップS20で、回転用モータ24の回転速度が0か否かを回転制御部12で判断し、0の場合はステップS21に進み、1ワークの作業が完了する。ステップS21において、回転停止指令を出力してから規定時間、たとえば2秒経過しても回転速度が0に達しない場合には、ステップS7に進み、回転用モータ（第8軸）25異常として、ロボットを停止（ステップS8）させる。

40 【0048】上述した実施形態では、1ワーク内の接合作業では、回転子の回転を停止させずに行ったが、これに限らず、各接合打点ごとに回転を停止させてもよく、また、ワーク終了ごとに回転を停止させないように制御してもよい。

50 【0049】また、本実施形態では、加圧時に回転速度を3段階に変化させたが、2段階でもよく、4段階もしくはそれ以上でもよく、また無段階に連続的に回転速度が変化するように制御してもよい。さらに、本実施形態では初期に高速とし、時間経過にともなって回転速度を低下させるように制御したが、これに限らず、ワークに

よっては、初期を低速とし、時間経過によっても回転速度を増加させるように制御してもよく、初期部に高速とし、中間部で低速とし、終了部で再び高速とするように制御してもよい。

【0050】また、本実施形態では、回転速度の検出は、一回の接合作業の加圧時間 $t_L$ をとすると、その中央の時点 $t_L/2$ で検出した。つまり、3段階の速度のうちで、中間部の速度が所定の速度範囲内となっているのみを監視したが、これに限らず、回転速度が複数段階に設定されている場合、各段階で回転速度を監視するように制御してもよい。つまり、各段階に所定の回転速度範囲を設定しておき、各段階の中央で、所定の回転速度範囲にあるか否かを監視し、所定の回転速度範囲にないと判断した時点で、回転速度異常としてロボットを停止させてもよい。

【0051】また上述した実施形態では、回転速度および加圧力の少なくともいずれか一方でも所定の範囲内から外れている場合に、接合作業を停止するように制御しているが、本発明はこれに限らず、いずれか一方が所定の範囲であれば、接合作業を継続し、両方が所定の範囲から外れたときのみ、接合作業を停止するように制御してもよい。

【0052】本発明の他の実施形態として、接合時に回転速度だけでなく、加圧力も変化させるように制御してよい。たとえば、初期部の高速回転時には高圧とし、中間部の中速回転時に中圧とし、終了部の低速回転時に低圧とするように加圧制御を行ってもよい。これにより、さらに接合品質を向上させることができる。またこの場合にも、各加圧段階で、加圧力が所定の範囲内にあるか否かを監視し、所定の加圧力範囲内でない場合に接合作業を停止するように制御してもよい。

【0053】また、ワークによっては、低速回転時に高圧とし、高速回転時に低圧とするように加圧制御を行ってもよく、またさらに回転速度を一定として、接合時の加圧力のみを変化させるように制御してもよい。

【0054】また、上述した本実施形態ではワークはアルミニウム合金としたが、本発明はこれに限らず、他の金属製ワーク、または合成樹脂製のワークであってもよい。

【0055】本発明は、下記の実施の形態が可能である。

(1) 前記回転制御手段および直進制御手段の少なくともいずれか一方を用いて、回転子先端が、被接合物に溶着しているか否かを検出することを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

【0056】たとえば回転子を回転させるのに、所定の力以上の力を要することを回転制御手段で検出するか、または回転子を引き上げるのに、所定の力以上の力を要することを直進制御手段で検出した場合には、回転子先端と被接合物とが溶着しているものと判断することがで

きる。このようにして、回転制御手段または直進制御手段で溶着検出を確実に行うことができる。

【0057】(2) 前記回転制御手段は、回転する回転子先端を被接合物に押圧する接合作業中に、回転子の回転速度が、所定の回転速度範囲内にあるか否かを検出し、所定の回転速度範囲内にないと判断したとき、接合作業を停止することを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

【0058】摩擦攪拌接合装置の制御は、接合作業中に、回転速度が所定の範囲内にあるか否かの判断のみを行い、所定範囲内にないとき、接合作業を停止する。このように接合中に回転速度の瞬時値を監視することによって、確実に所定の回転速度で接合することができる。また、所定範囲内にあるか否かの判断のみであるので、複雑な制御を行う必要がなく、容易に実現できる。

【0059】たとえば回転子を回転させるのに所定の力以上の力を要することを回転制御手段で検出するか、または回転子を引き上げるのに、所定の力以上の力を要することを直進制御手段で検出した場合には、回転子先端と被接合物とが溶着しているものと判断することができる。このようにして、溶着検出を確実に行うことができる。

【0060】(3) 直進制御手段は、回転する回転子先端を被接合物に押圧する接合作業中に、加圧力が、所定の加圧力範囲内にあるか否かを検出し、所定の加圧力範囲内にないと判断したとき、接合作業を停止することを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

【0061】摩擦攪拌接合装置の制御は、接合作業中に、加圧力が所定の範囲内にあるか否かの判断のみを行い、所定範囲内にないとき、接合作業を停止する。このように接合中に加圧力の瞬時値を監視することによって、確実に所定加圧力で接合することができる。また、所定範囲内にあるか否かの判断のみであるので、複雑な制御を行う必要がなく、実現が容易である。

【0062】回転速度制御は、接合作業中に検出した瞬時値が、所定の範囲内にあるか否かで判断する。つまり、適応制御のような複雑な制御を行わないので、制御が簡単である。このような、検出した瞬時値が所定の範囲にあるか否かの判断のみの制御であっても、摩擦攪拌スポット接合においては、実用的にはまず問題のないロバストレベルを実現できる。

【0063】同様に、加圧制御においても、接合作業中の瞬時値が所定の加圧力範囲内にあるか否かを判断するだけであるので制御が簡単である。このような簡単な制御であっても、実用的には全く問題がない。

【0064】(4) 前記回転制御手段は、接合作業中に、回転子の回転速度を変化させることを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

【0065】回転子先端を被接合物に押圧して接合する接合作業中に、回転速度制御手段によって、回転子の回転速度を変化させることで、最適に接合することができ



る。

【0066】(5) 前記直進制御手段は、接合作業中に、加圧力を変化させることを特徴とする摩擦攪拌接合装置。接合作業中に加圧力を変化させることで、最適に接合することができる。

【0067】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、回転制御手段を有するので、回転子の回転速度を可変に制御することができる。これによって、最適な回転速度でスポット接合を行うことができる。また、直進制御手段によって、押圧力のきめ細かな制御を行うことができ、スポット接合に最適な押圧力で接合することができる。

【0068】本発明によれば、摩擦攪拌の接合作業中、回転制御手段によって回転子22の回転速度を時間経過に伴って低下または増加するように変化し、あるいはまた高速、低速、高速の順で変化し、このような速度変化を、段階的に、または連続的に行うようにし、これによって被接合物であるワークの摩擦攪拌の接合を最適な条件で行うことができ、接合強度の向上を図ることができる。

【0069】本発明によれば、直進制御手段から直進駆

動源である直進用モータ24に与えられる速度指令値がたとえば三角波形状であるので、回転子22の先端が被接合物であるワークに急激に衝突してワークが振動することを防止し、正確な摩擦攪拌の接合を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の一形態のスポット接合ガン20の構造を示す図である。

【図2】本発明の接合制御のフローチャートの前半部である。

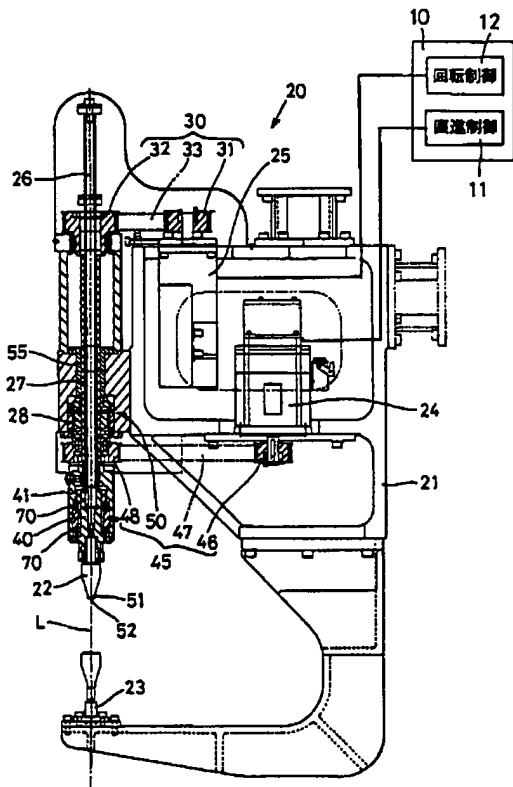
【図3】接合制御のフローチャートの後半部である。

【図4】接合制御のタイミングチャートである。

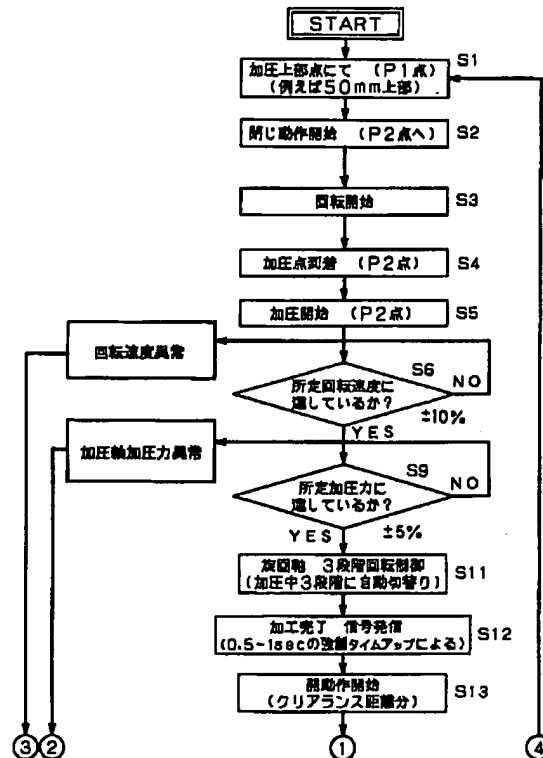
【符号の説明】

- 10 制御装置
- 11 直進制御部
- 12 回転制御部
- 20 スポット接合ガン
- 22 回転子
- 24 直進用モータ
- 25 回転用モータ

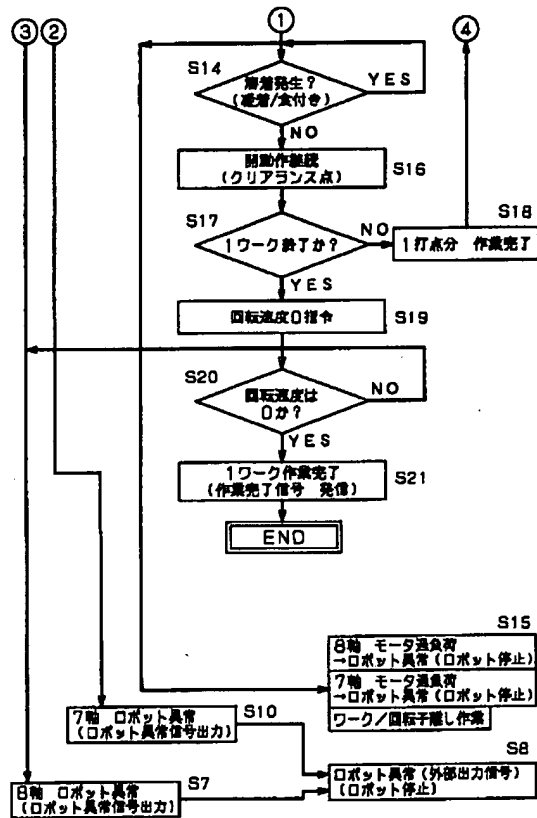
【図1】



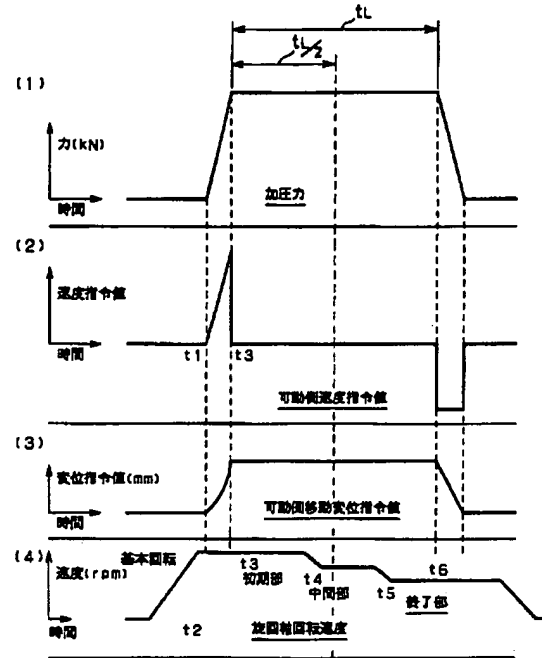
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 犬塚 雅之  
 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1  
 号 川崎重工業株式会社神戸工場内

(72)発明者 兵江 猛宏  
 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1  
 号 川崎重工業株式会社神戸工場内  
 Fターム(参考) 4E067 BG00 CA01 CA05 DC03 DC07